



IFW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): NABESHIMA et al.

Serial No.: 10/598,933

Filed: 14 September 2006

Title: SEMICONDUCTOR WAFER
INSPECTION DEVICE AND
METHOD

Atty. Docket: PA214WP002

Group Art Unit: n/a

Examiner: n/a

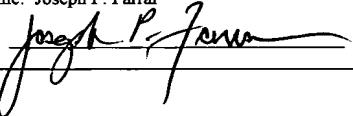
Date: March 23, 2007

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450
Mail Stop: Petition

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: United States Patent and Trademark Office, Customer Service Window, Mail Stop Petition, Randolph Building, 401 Dulany Street, Alexandria, VA 22314, USA, on March 23, 2007.

Typed Name: Joseph P. Farrar

Signature: 

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT IN SUPPORT OF
PETITION UNDER 37 CFR 1.78(a)(3)
TO ACCEPT UNINTENTIONALLY DELAYED PRIORITY CLAIM

Sir:

In support of its petition pursuant to 37 C.F.R. 1.78(a)(3) to claim the benefit of priority for the above-identified application, under 35 USC 120 and 365(c), of prior-filed international application PCT JP05/07120, filed on April 13, 2005, which petition was transmitted by facsimile to the United States Patent and Trademark Office, Office of Petitions, Fax No. 571-273-8300 on March 19, 2007, the Applicant hereby submits the enclosed certified copy of the priority document, Japanese priority patent application no. 2005-152672, in order to perfect the claim for priority.

Application No.: 10/598,933

Atty. Docket No.: PA214WP002

It is respectfully requested that the above petition be timely granted and that the above claims for priority be entered into the record.

Respectfully submitted,


Joseph P. Farfar
Reg. No. 54,596
Customer No. 44719

Kanda Center Building 5th Floor
3-2, Kajicho 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 101-0044
JAPAN
Tel/Fax: 011-81-3-6804-7145
Email: orionjpf@dune.ocn.ne.jp

Enclosure: Certified copy of Japanese priority patent application no. 2005-152672

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 4月13日

出願番号
Application Number: 特願 2004-117910

トリ条約による外国への出願
用いる優先権の主張の基礎
なる出願の国コードと出願
号
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

出願人
Applicant(s): SUMCO TECHXIV株式会社

2007年 3月 1日

特許長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中嶋

誠

日本特許
庁

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

出証番号 出証特 2007-3013714

【書類名】 特許願
【整理番号】 AP030044
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 21/66
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮 3 丁目 25 番 1 号 コマツ電子金属株式会社内
【氏名】 鍋島 ふみ
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮 3 丁目 25 番 1 号 コマツ電子金属株式会社内
【氏名】 富樫 和也
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮 3 丁目 25 番 1 号 コマツ電子金属株式会社内
【氏名】 自見 博志
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県平塚市四之宮 3 丁目 25 番 1 号 コマツ電子金属株式会社内
【氏名】 末永 好範
【特許出願人】
【識別番号】 000184713
【氏名又は名称】 コマツ電子金属株式会社
【代理人】
【識別番号】 100095371
【弁理士】
【氏名又は名称】 上村 輝之
【電話番号】 03-5296-7455
【連絡先】 担当
【選任した代理人】
【識別番号】 100089277
【弁理士】
【氏名又は名称】 宮川 長夫
【選任した代理人】
【識別番号】 100104891
【弁理士】
【氏名又は名称】 中村 猛
【選任した代理人】
【識別番号】 100129724
【弁理士】
【氏名又は名称】 大槻 昇
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 043557
【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

半導体ウェハの表面の検査点に光スポットを当てる光照射装置と、

前記検査点からの散乱光のうち散乱角が所定角より狭い狭散乱光を受けて、前記狭散乱光の強度を検出する第1の光センサと、

前記検査点からの散乱光のうち散乱角が所定角より広い広散乱光を受けて、前記広散乱光の強度を検出する第2の光センサと、

前記第1と第2の光センサからの検出信号に応答して、前記検査点における表面異常の有無と種別を判定する信号処理回路と

を備え、

前記信号処理回路は、

前記狭散乱光の強度が前記第1の光センサのダイナミックレンジ内にある場合、前記狭散乱光の強度に基づいて第1の標準粒子相当サイズを計算する第1計算手段と、

前記広散乱光の強度が前記第2の光センサのダイナミックレンジ内にある場合、前記広散乱光の強度に基づいて第2の標準粒子相当サイズを計算する第2計算手段と、

前記狭散乱光と前記広散乱光の強度のいずれもが前記第1と第2の光センサのダイナミックレンジ内にある場合、第1の標準粒子相当サイズと前記第2の標準粒子相当サイズの大小関係に基づいて、前記検査点における表面異常の有無と種別を判定する判定手段とを有する半導体ウェハの検査装置。

【請求項 2】

請求項1記載の検査装置において、前記判定手段は、第1の標準粒子相当サイズが前記第2の標準粒子相当サイズとほぼ等しいか又は所定程度以下の範囲でより大きい場合に属する所定のパーティクル区域において、前記検査点にパーティクルが存在すると判定する、半導体ウェハの検査装置。

【請求項 3】

請求項1記載の検査装置において、前記判定手段は、第1の標準粒子相当サイズが前記第2の標準粒子相当サイズより前記所定程度以上の範囲でより大きい場合に属する所定の欠陥区域において、前記検査点に欠陥が存在すると判定する、

半導体ウェハの検査装置。

【請求項 4】

請求項3記載の検査装置において、前記判定手段は、前記所定の欠陥区域のうち、第1の標準粒子相当サイズが、計算され得る最大サイズより小さい所定のサイズより大きいか小さいかに応じて、前記欠陥がキラーディフェクトである可能性の高い大欠陥であるか、前記可能性の低いが小欠陥であるかを判定する、

半導体ウェハの検査装置。

【請求項 5】

請求項1記載の検査装置において、前記判定手段は、前記狭散乱光の強度が前記第1の光センサのダイナミックレンジを越える場合、前記検査点にキラーディフェクトである可能性の高い大欠陥が存在すると判定する、

半導体ウェハの検査装置。

【請求項 6】

半導体ウェハの表面の検査点に光スポットを当てるステップと、

前記検査点からの散乱光のうち散乱角が所定角より狭い狭散乱光の強度を検出するステップと、

前記検査点からの散乱光のうち散乱角が所定角より広い広散乱光の強度を検出するステップと、

前記狭散乱光の強度が前記検出のダイナミックレンジ内にある場合、前記狭散乱光の強度に基づいて第1の標準粒子相当サイズを計算するステップと、

前記広散乱光の強度が前記検出のダイナミックレンジ内にある場合、前記広散乱光の強度に基づいて第2の標準粒子相当サイズを計算するステップと、

前記狭散乱光と前記広散乱光の強度のいずれもが前記検出のダイナミックレンジ内にある場合、第1の標準粒子相当サイズと前記第2の標準粒子相当サイズの大小関係に基づいて、前記検査点における表面異常の有無と種別を判定するステップとを有する半導体ウェハの検査方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体ウェハの検査装置及び方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウェハの表面状態を検査するための技術に関し、特に、エピタキシャルウェハの表面欠陥の検出に好適である。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体ウェハの欠陥 (defect) (半導体ウェハの表層の理想的な結晶構造を損なう構造的又は化学的な異常) には、そのウェハ上に形成されることになる半導体デバイスにとり、許容できる軽微なものと致命的なものとがある。致命的な欠陥は「キラーディフェクト (killer defect)」と呼ばれ、デバイスの歩留まり低下の原因である。特にエピタキシャルウェハの場合、キラーディフェクトの大部分は、エピタキシャル層の構造的な欠陥 (structural epitaxy defect: SED)、そのうち特に、エピタキシャル層の積層欠陥 (stacking fault: SF) である。エピタキシャル層の積層欠陥は、通常、半導体ウェハの表面に隆起又は窪みとなって現れる。半導体ウェハの表面上の「キラーディフェクト」を検出する技術は、半導体製造において極めて重要である。

【0003】

半導体ウェハの表面検査のために、光散乱法を用いた異物検査装置が広く用いられている。この異物検査装置は、微小サイズのレーザスポットで半導体ウェハの表面を走査しながら、半導体ウェハの表面のレーザスポットからの散乱光をセンスし、そして、その散乱光のセンシング信号に基づいて、ウェハ表面上に存在する光散乱体のサイズ (標準粒子 (polystyrene latex sphere) のサイズに相当する値) を測定する。この異物検査装置により検出される光散乱体には、上述した欠陥による隆起や窪みの他に、ウェハ表面に一時的に付着した異物 (「パーティクル (particle)」と呼ばれる) も含まれる。欠陥が半導体ウェハから永久に除去することが不可能であるのに対し、パーティクルは事後処理により除去することが可能であり、半導体デバイスにとり致命的ではない。従って、光散乱法を用いた表面検査においては、検出された個々の光散乱体が欠陥であるかパーティクルであるかを判別できることが重要である。

【0004】

特許文献1には、光散乱法を用いて、エピタキシャルウェハの積層欠陥を検出するための方法が開示されている。この方法は、光散乱法を用いた異物検査装置 (例えば、ケーエルエーテンコール (KLA-Tencor) 社製のサーフスキャン 6200 (Surfscan 6200)) を用いてエピタキシャルウェハの表面上に存在する光散乱体のサイズを測定し、それら光散乱体を、そのサイズが 1. 6 μm 以下のものとそれを超えるものとに分類し、そして、1. 6 μm を超える光散乱体は積層欠陥、1. 6 μm 以下の光散乱体は積層欠陥以外のピットと判断する。

【0005】

【特許文献1】特開2001-176943号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に開示された方法には、次のような問題がある。

【0007】

光散乱法を用いた異物検査装置によって測定される光散乱体のサイズは、その光散乱体の実際のサイズではなく、その光散乱体と同じ強度の光散乱光を生じる標準粒子 (polystyrene latex sphere: ポリスチレンラテックスの球) のサイズである。よって、異物検査装置によって測定されたサイズからでは、欠陥やパーティクルの実際のサイズは分からない。また、個々の欠陥やパーティクルによってその形状は様々であるから、同じサイズの欠陥やパーティクルであっても、その形状により、測定されたサイズは異なってくる。換

言すれば、個々の欠陥やパーティクルによって、測定されたサイズがおなじであっても、実際のサイズは異なっている。従って、異物検査装置による測定サイズだけからでは、検出された光散乱体が欠陥であるかパーティクルであるかを精度良く区別することは不可能である。さらに、前述したように、欠陥にはキラーディフェクトとそうでないものとがあるが、それらの精度良い判別も、異物検査装置による測定サイズだけから行うことは不可能である。

【0008】

したがって、本発明の目的は、半導体ウェハ、特にエピタキシャルウェハ、の光散乱法を用いた表面検査の精度を高めることである。

【0009】

また、別の目的は、半導体ウェハ、特にエピタキシャルウェハ、の光散乱法を用いた表面検査において、欠陥とパーティクルを識別する精度を高めることにある。

【0010】

また、さらに別の目的は、半導体ウェハ、特にエピタキシャルウェハ、の光散乱法を用いた表面検査において、キラーディフェクトとそうでない欠陥とを識別する精度を高めることにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一つの側面に従う半導体ウェハの検査装置は、半導体ウェハの表面の検査点に光スポットを当てる光照射装置と、前記検査点からの散乱光のうち散乱角が所定角より狭い狭散乱光を受けて、前記狭散乱光の強度を検出する第1の光センサと、

前記検査点からの散乱光のうち散乱角が所定角より広い広狭散乱光を受けて、前記広散乱光の強度を検出する第2の光センサと、前記第1と第2の光センサからの検出信号に応答して、前記検査点における表面異常の有無と種別を判定する信号処理回路とを備える。前記信号処理回路は、前記狭散乱光の強度が前記第1の光センサのダイナミックレンジ内にある場合、前記狭散乱光の強度に基づいて第1の標準粒子相当サイズを計算する第1計算手段と、前記広散乱光の強度が前記第2の光センサのダイナミックレンジ内にある場合、前記広散乱光の強度に基づいて第2の標準粒子相当サイズを計算する第2計算手段と、前記狭散乱光と前記広散乱光の強度のいずれもが前記第1と第2の光センサのダイナミックレンジ内にある場合、第1の標準粒子相当サイズと前記第2の標準粒子相当サイズの大小関係に基づいて、前記検査点における表面異常の有無と種別を判定する判定手段とを有する。

【0012】

好適な実施形態では、前記判定手段は、第1の標準粒子相当サイズが前記第2の標準粒子相当サイズとほぼ等しいか又は所定程度以下の範囲でより大きい場合に属する所定のパーティクル区域において、前記検査点にパーティクルが存在すると判定する。

【0013】

好適な実施形態では、前記判定手段は、第1の標準粒子相当サイズが前記第2の標準粒子相当サイズより前記所定程度以上の範囲でより大きい場合に属する所定の欠陥区域において、前記検査点に欠陥が存在すると判定する。その場合、前記判定手段は、前記所定の欠陥区域のうち、第1の標準粒子相当サイズが、計算され得る最大サイズより小さい所定のサイズより大きいか小さいかに応じて、前記欠陥がキラーディフェクトである可能性の高い大欠陥であるか、前記可能性の低いが小欠陥であるかを判定する。

【0014】

好適な実施形態では、前記判定手段は、前記狭散乱光の強度が前記第1の光センサのダイナミックレンジを越える場合、前記検査点にキラーディフェクトである可能性の高い大欠陥が存在すると判定する。

【0015】

本発明の別の側面に従う半導体ウェハの検査方法は、半導体ウェハの表面の検査点に光スポットを当てるステップと、前記検査点からの散乱光のうち散乱角が所定角より狭い狭

散乱光の強度を検出するステップと、前記検査点からの散乱光のうち散乱角が所定角より広い広狭散乱光の強度を検出するステップと、前記狭散乱光の強度が前記検出のダイナミックレンジ内にある場合、前記狭散乱光の強度に基づいて第1の標準粒子相当サイズを計算するステップと、前記広散乱光の強度が前記検出のダイナミックレンジ内にある場合、前記広散乱光の強度に基づいて第2の標準粒子相当サイズを計算するステップと、前記狭散乱光と前記広散乱光の強度のいずれもが前記検出のダイナミックレンジ内にある場合、第1の標準粒子相当サイズと前記第2の標準粒子相当サイズの大小関係に基づいて、前記検査点における表面異常の有無と種別を判定するステップとを有する。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、光散乱法を用いた半導体ウェハの表面検査の精度が高まる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

図1Aは、本発明の一実施形態にかかる半導体ウェハの検査装置の構成を示す断面側面図である。点線の吹き出しブロック内に示される図1Bは、光スポットによる半導体ウェハの表面のスキャニングの様子を示す平面図である。

【0018】

図1Aに示すように、この検査装置100は、2種類のレーザビーム102、104を選択的に半導体ウェハ200の表面の一点(検査点)に照射することができる。一方のレーザビーム102は、半導体ウェハ200の表面に垂直に入射するようになっており、他方のレーザビーム102は、半導体ウェハ200の表面に斜め角度で入射するようになっている。この実施形態では、垂直入射のレーザビーム102のみが使用され、斜め入射のレーザビーム104は使用されない。半導体ウェハ200の表面の検査点は、垂直入射レーザビーム102が形成する微小なレーザスポット103によって照射されることになる。図1Bに示すように、このレーザスポット103は、細長い楕円形の形状を有し、その長径と短径が半導体ウェハ200の半径線と円周線にそれぞれ平行になる方向を向いている。レーザスポット103のサイズは、例えば、長径寸法Lが150μm程度、短径寸法Wが20μm程度である。検査装置100は、図1Bの矢印200Aに示すように半導体ウェハ200を中心点回りに回転させ、同時に、矢印103Aに示すようにレーザスポット103を半導体ウェハ200の半径線に沿って移動させ、これにより、レーザスポット103が半導体ウェハ200の表面の全域を螺旋状にスキャンする。螺旋状のスキャンライン同士の間隔(N回転目とN+1回転目のスキャンラインの半径方向の間隔)は、レーザスポット103の短径寸法Wと同等の20μm程度である。従って、このスキャニングによる検査結果の位置分解能は、レーザスポット103の短径寸法Wと同等の20μm程度である。

【0019】

半導体ウェハ200の検査点(光スポット103が照射された場所)では、垂直入射レーザビーム102がこの検査点の表面状態に応じた方向へ反射される。例えば、検査点に欠陥やパーティクルが存在しない場合、検査点の表面形状は完全に平坦であるから、垂直入射レーザビーム102は垂直に反射される。一方、検査点に欠陥又はパーティクルが存在する場合、表面形状には隆起や窪みがあるから、垂直入射レーザビーム102の反射光は様々な方向へ向かう散乱光108、116となる。検査点からの垂直の反射ビームはマスク106に吸収され、検査には使用されない。一方、検査点からの散乱反射光は、その散乱角(反射角)に応じて、2つの光センサ114と120の何れかに入力される。すなわち、散乱角が所定値以下の狭角範囲へ散乱した反射光(以下、「狭散乱光」という)108は、凸レンズ110と反射鏡112を通じて、第1の光センサ114に入力される。また、散乱角が所定値より大きい広角範囲へ散乱した反射光(以下、「広散乱光」という)116は、立体凹面反射鏡118を通じて、第2の光センサ120に入力される。第1の光センサ114は、狭散乱光108の強度に応じたレベルをもつ電気信号(例えば、電圧信号)(以下、「狭散乱光強度信号」という)122を生成して、これを信号処理装置

126へ出力する。第2の光センサ120は、広散乱光116の強度に応じたレベルをもつ電気信号（例えば、電圧信号）（以下、「広散乱光強度信号」という）124を生成して、これを信号処理装置126へ出力する。

【0020】

信号処理装置126は、入力された狭散乱光強度信号122と広散乱光強度信号124を後に詳述する方法で分析することにより、半導体ウェハ200の表面上の隆起や窪み（以下、「表面異常」という）を検出し、検出された表面異常がパーティクルであるか、キラーディフェクトの可能性の高い重大な欠陥であるか、或いはキラーディフェクトの可能性の低い軽微な欠陥であるかを判別し、そして、その判別結果を出力する。信号処理装置126は、例えば、プログラムされたコンピュータ、専用ハードウェア回路又はそれらの組み合わせによって実現することができる。

【0021】

この検査装置100の信号処理装置126を除いた部分には、例えば、ケーエルエーテンコール（KLA-Tencor）社製のエスピーワン（SP1）を採用することができる。よって、このエスピーワン（SP1）に、後述する信号処理装置126の信号分析機能を追加することにより、この検査装置100を実現することができる。

【0022】

図2は、信号処理装置126が分析の対象とする反射光強度信号122、124の複数のタイプを示す波形図である。図2に示されるすタイプは、広散乱光強度信号122及び狭散乱光強度信号124のいずれにも適用される。

【0023】

図2に示すように、信号処理装置126による分析対象となる反射光強度信号122、124は、その信号レベル（例えば電圧レベル）に応じて大きく3つのタイプ130、136及び138に分類される。第1のタイプ130は、信号レベルのピーク値が、所定の下限レベルMin以上で所定の飽和レベルMax未満の範囲内に入るタイプである。ここで、所定の下限レベルMinとは、上記表面異常が検出されたと認めることができる最低の信号レベル（つまり、信号レベルがそれ以上でないと、表面異常が存在すると認めることがないレベル）である。一方、飽和レベルMaxとは、光センサ120、122が飽和状態になったときの信号レベル（つまり、反射光108、116の強度がより大きくなってしまっても、それ以上は信号レベルが高くならない最高のレベル）である。要するに、第1のタイプ130とは、反射光108、116の強度が光センサ114、120のダイナミックレンジ内に入っている場合である。信号処理装置126は、この第1のタイプ130に属する反射光強度信号が入力された場合、その信号レベルのピーク値に基づいて、表面異常が標準粒子（polystyrene latex sphere：ポリスチレンラテックスの球）であると仮定した場合の標準粒子のサイズ（「標準粒子相当サイズ」という）を計算し記憶する。ピーク値が高いほど、大きい標準粒子相当サイズが計算される。しかし、計算された結果は、表面異常と同強度の散乱光を反射する標準粒子のサイズであって、表面異常それ自体のサイズではない。以下、この第1のタイプ130を、サイズ測定ができるという意味で「サイジングタイプ」と呼ぶ。

【0024】

第2のタイプ136と第3のタイプ138は、信号レベルが飽和レベルMaxに達した場合（ダイナミックレンジを越えた場合）である。要するに、第2のタイプ136と第3のタイプ138とは、反射光108、116の強度が光センサ114、120のダイナミックレンジを越えている場合である。第2のタイプ136と第3のタイプの違いは、飽和レベルが、半導体ウェハ200の周方向又は半径方向に継続して所定トラック数（この実施形態では、例えば7トラック）分の距離以上にわたり継続したか否かである。すなわち、第2のタイプ136では上記継続した距離が7トラック未満であり、第3のタイプでは7トラック以上である。ここで、トラックとは、レーザスポット103によるスキャニングによる位置分解能に相当する距離であり、この実施形態ではつまり、レーザスポット103の短径寸法である20μm程度に相当する。そして、7トラックとは、この実施形態では

、レーザスポット103の長径寸法である150 μ m程度に相当する。以下、第2のタイプ136を「飽和タイプ」と呼び、第3のタイプ138を、箱船(アーク)波形という意味で「アークタイプ」と呼ぶ。信号処理装置126は、飽和タイプ136に属する反射光強度信号が入力された場合、その旨を記憶する。信号処理装置126は、アークタイプ138に属する反射光強度信号が入力された場合、それが継続するトラック数に基づいて、この信号が検出される領域のサイズを計算する。

【0025】

信号処理装置126は、入力された広散乱光強度信号122及び狭散乱光強度信号124のそれぞれについて上述したタイプ別の処理を行ない、そして、広散乱光強度信号122の処理結果と狭散乱光強度信号124の処理結果の双方を分析して、表面異常の種別(パーティクルか、重大な欠陥か、軽微な欠陥か)を判別する。

【0026】

以下、信号処理装置126が行う表面異常の種別を判別するための分析処理について具体的に説明する。

【0027】

図3は、この分析処理の根底にある最も基本的な原理を説明する。

【0028】

図3Aは、半導体ウェハ200の表面上に標準粒子300が乗っている場合に推定される反射散乱光108、116の強度分布を示す。図3Bは、半導体ウェハ200の表面上にパーティクル302が乗っている場合に推定される反射散乱光108、116の強度分布を示す。図3Cは、半導体ウェハ200の表面上に(その平面寸法に比較して高さが低い又は深さが浅い)フラット形の隆起304又は深い窪み306が存在する場合に推定される反射散乱光108、116の強度分布を示す。図3Dは、半導体ウェハ200の表面上に(その平面寸法に比較して高さが高い)タワー形の隆起308が存在する場合に推定される反射散乱光108、116の強度分布を示す。

【0029】

図3Aに示すように、標準粒子300は完全な球形に近い。そして、測定機システムは、標準粒子300からの狭散乱光から計算されるサイズも広散乱光から算出されるサイズもどちらも実際の標準粒子300の実直径サイズになるように校正されている。図3Bに示すように、パーティクル302の多くは平面寸法と高さがある程度にバランスのとれた立体形状であると考えられ、よって、パーティクル302からの狭散乱光108から算出される標準粒子相当サイズと広散乱光116から算出される標準粒子相当サイズは大きくは違わないか、又は、パーティクル302がややフラット気味の安定した姿勢をとる場合には、狭散乱光108から算出される標準粒子相当サイズが広散乱光116からのそれよりも若干大きいと推定される。また、図3Cに示すように、フラット形の隆起304又は窪み306の場合には、水平に近い面の方が垂直に近い面より明らかに広いため、狭散乱光108の方から算出される標準粒子相当サイズが広散乱光116からのそれよりも明らかに大きいと推定される。逆に、図3Dに示すように、タワー形の隆起308の場合、垂直に近い面の方が水平に近い面より明らかに広いため、広散乱光116から算出される標準粒子相当サイズの方が狭散乱光108からのそれよりも明らかに大きいと推定される。

【0030】

さて、ここで、エピタキシャルウェハ(半導体ベース基板の表面上に成長した薄いエピタキシャル層を有する半導体)の場合を例にとり、その欠陥、特にキラーディフェクトに関する、図3の原理との関係を説明する。

【0031】

エピタキシャルウェハの欠陥の多くは、エピタキシャル層の構造的な欠陥(structural epitaxy defect: SED)、特に、エピタキシャル層の積層欠陥(stacking fault: SF)である。エピタキシャル層の構造欠陥(以下、「SED」と呼ぶ)にはさまざまなタイプがあるが、大部分のタイプは、図3Cに示されたようなフラット形の隆起304又は窪み306をエピタキシャル層の表面に形成する。これらのSEDの全てが必ずしもキラ

ーディフェクトというわけではないが、隆起304又は窪み306のサイズがある程度以上に大きいものはキラーディフェクトである可能性が高い。例えば、数 μm から数十 μm 程度の平面寸法と数nm程度の高さをもち、ピラミッド若しくはメサに似た幾何立体形状、または、それらが不規則に交じり合った複雑な立体形状をもつ隆起304又は窪み306がエピタキシャル層の表面に存在する場合、それはキラーディフェクトであると認められる。また、エピタキシャル層の表面に、例えば全長 $100\mu\text{m}$ を超えるような広い領域にわたって多数のSEDの隆起及び窪みが連続して集合している場合、これは広域欠陥(large area defect: LAD)と呼ばれ、これもキラーディフェクトの典型である。

【0032】

従って、エピタキシャルウェハの表面上のある検出点において、図3Cに示したような狭散乱光108の強度が広散乱光116の強度よりも顕著に大きい場合には、その検出点には欠陥が存在すると推定される。そして、その欠陥のサイズが大きい程、その欠陥がキラーディフェクトである可能性が高いと考えられる。また、ある検出点からの広散乱光116の強度と狭散乱光108の強度が図3Bに示したように同程度か又は前者が後者よりも軽微に大きい場合には、その検出点にはパーティクルが存在すると推定される。また、エピタキシャルウェハの表面上のある領域で図2に示したようなアークタイプ138の反射光強度信号が得られた場合には、その領域は、それ相応の大サイズの欠陥又は広域欠陥が存在する可能性が高いと考えられる。なお、図3Dに示されるようなタワー形の隆起308は、現実には存在する可能性が低いと考えられる。

【0033】

信号処理装置126により行われる分析処理では、表件異常を検出してその種別を判別するために、上記のような原理をベースにした検出・判定ロジックが使用される。

【0034】

図4は、この検出・判定ロジックの一例を示す。

【0035】

図4に示された検出・判定ロジックは、図3を参照して上に説明した原理をベースにしつつ、さらに、発明者らがケーエルエーテンコール(KLA-Tencor)社製のエスピーワン(SP1)を用いて実際のエピタキシャルウェハ上の様々なパーティクルや欠陥の検査を繰り返し行って研究を重ねた結果として得られたものである。

【0036】

図4Aは、図2に示したサイジングタイプ130及び飽和タイプ136の反射光強度信号122、124が得られた場合に適用される検出・判定ロジックを示す。図4Aにおいて、横軸は、サイジングタイプ130の広散乱光強度信号124に基づいて計算される標準粒子のサイズ(直径)DWNを示し、その右端は、飽和タイプ136の広散乱光強度信号124が得られた場合に対応する。図4Aにおいて、縦軸は、サイジングタイプ130の狭散乱光強度信号124に基づいて計算される標準粒子のサイズ(直径)DNNを示し、その上端は、飽和タイプ136の狭散乱光強度信号122が得られた場合に対応する。また、図4Bは、図2に示したアークタイプ138の反射光強度信号122、124が得られた場合に適用される検出・判定ロジックを示す。図4Bにおいて、横軸は、アークタイプ138の広散乱光強度信号124のトラック数から計算される領域サイズを示し、縦軸は、アークタイプ130の狭散乱光強度信号122のトラック数から計算される領域サイズを示す。

【0037】

図4Aにおいて、ある検出点から区域410に属する信号分析結果が得られた場合、また、その検出点にはパーティクルが存在すると判定される。この区域を「パーティクル区域」と呼ぶ。

【0038】

パーティクル区域410は、第1の判別ライン400と、第2の判別ライン402との間に挟まれた区域であり、且つ、広散乱光116による標準粒子相当サイズDWNが0.6 μm 以下であって、狭散乱光強度信号122が飽和に達していないという条件を満

たす。ここで、第1の判別ライン400は、広散乱光116による標準粒子相当サイズDWNと狭散乱光108による標準粒子相当サイズDNNとがほぼ同程度である（広散乱光116による標準粒子相当サイズDWNの方が狭散乱光108によるそれDNNより僅かに小さい）場合に対応する。第1の判別ライン400は、例えば、

$$DWN = K \cdot DNN$$

という一次関数で表すことができる。ここに、Kは、1未満の0.5以上の係数であり、例えば、0.8～0.9程度の値である。第2の判別ライン402は、狭散乱光108による標準粒子相当サイズDNNが広散乱光116によるそれDWNよりある程度に大きい場合に対応する。第2の判別ライン402は、例えば、

$$\log(DWN) = S \cdot \log(DNN) - T$$

という関数で表すことができる。ここに、SとTは、1未満の正の係数であり、例えば、0.4～0.6程度の値である。

【0039】

パーティクル区域410は、要するに、狭散乱光強度信号122も広散乱光強度信号124もサイジングタイプであるという条件下で、狭散乱光108から算出される標準粒子相当サイズDNNが広散乱光116からのそれDWNと同程度であるか又は所定程度未満の範囲内により大きい場合に相当する。この場合、パーティクルが存在するという判定結果が出される。この判定結果は、図3Bを参照して説明した原理と適合する。

【0040】

図4Aにおいて、区域414に属する分析結果が得られた検出点には、キラーディフェクトである可能性が低い軽微な欠陥（以下、「小欠陥」と呼ぶ）が存在すると判定される。また、区域418または区域420に属する分析結果が得られた検出点には、キラーディフェクトである可能性が高い重大な構造欠陥（以下、「大SED」と呼ぶ）が存在すると判定される。ここで、区域414を「小欠陥区域」、区域418を「第1大SED区域」、区域420を「第2大SED区域」呼ぶ。

【0041】

小欠陥区域414と第1大SED区域418は、第2判定ライン402から、広散乱光強度信号124による標準粒子相当サイズDWNが小さい側の区域である。そして、小欠陥区域414は狭散乱光強度信号122による標準粒子相当サイズDNNが0.6μm未満であり、第1大SED区域418は、0.6μm以上である。簡単に言えば、小欠陥区域414も第1大SED区域418も、狭散乱光108による標準粒子相当サイズDNNが広散乱光116によるそれDWNより所定程度以上に大きい場合である。そして、狭散乱光108に基づいて検出された標準粒子相当サイズDNNが0.6μm未満である場合には、小欠陥が存在すると判定され、0.6μm以上である場合には、大SEDが存在すると判定される。この判定結果は、図2Cを参照して上に説明した原理と適合する。

【0042】

また、第2大SED区域420は、狭散乱光強度信号122が飽和タイプであり、一方、広散乱光強度信号124はサイジングタイプであって、それによる標準粒子相当サイズDWNが0.3μm以上である場合である。この第2大SED区域420は、原理的に図5に示すように、パーティクル区域410の延長上であるパーティクル拡張領域431の投影領域であるとともに、第1大SED区域418の延長上の大SED拡張領域432の投影領域でもあると考えられる。従って、原理的には第2大SED区域420上にはパーティクルも大SEDも存在し得る。しかし、実用的には、DNNの飽和サイズを適当な値に選ぶことで、この問題を回避することが可能である。発明者らの研究によれば、DNNの飽和値を0.8μm程度に設定することで第2大SED区域420上のレーザ光散乱体はほとんど全てが大SEDであることが確認された。従って、この区域420では、大SEDが存在すると判定される。

【0043】

図4Aにおいて、上述した区域410～418以外の区域430は、発明者らの研究によれば、これに該当する表面異常が現実に存在する可能性が非常に低いと考えられる区域（以下、「無検出区域」と呼ぶ）である。図3Dに示したようなタワー形の隆起308が

仮に存在すれば、この無検出区域430で検出されることになるが、現実にはそれが生じる可能性は非常に低い。しかし、もし検出された場合にはタワー型の欠陥と判定される。

【0044】

図4Bに示された区域422は、狭散乱光信号122および反射光強度信号124のいずれもが図2に示した飽和タイプ136か又はアークタイプ138である場合である。この区域422に属する分析結果が得られた検出点には、上述した大SEDが存在すると判定される。この区域422を「第3大SED区域」と呼ぶ。

【0045】

図6は、半導体ウェハの表面検査において信号処理装置126により行われる分析処理の流れを示す。

【0046】

図1で説明したようにして光スポット103による半導体ウェハ200の表面のスキャニングが行われている間、図6に示したステップ500、502、504及び506が継続的に実行される。ステップ500と502では、現在の検出点からの狭散乱光強度信号122と広散乱光強度信号124が同時に信号処理装置126に入力される。ステップ504と507では、狭散乱光強度信号122と広散乱光強度信号124のそれぞれの信号レベルが図2に示した下限レベルMinを超えた場合、その信号レベルとその検出点の位置とが、信号処理装置126内の記憶装置（図示省略）に記憶される。

【0047】

ステップ508と510以降のルーチンは、上記スキャニングが行われている間に行われてもよいし、上記スキャニングが終わった後に行われても良い。

【0048】

ステップ508では、信号処理装置126内の記憶装置に記憶された検出点の位置毎に、その位置で検出された狭散乱光強度信号122の信号レベルが飽和レベルMaxに達しているかそれ未満（非飽和）であるかがチェックされる。ステップ510では、信号処理装置126内の記憶装置に記憶された検出点の位置毎に、その位置で検出された広散乱光強度信号124の信号レベルが飽和レベルMaxに達しているか、それ未満（非飽和）であるかがチェックされる。

【0049】

ステップ512では、ステップ508のチェック結果が非飽和である（つまり、狭散乱光強度信号122がサイジングタイプである）場合に、その狭散乱光強度信号122の信号レベルに基づいて標準粒子相当サイズDNNが計算され、そして、その標準粒子相当サイズDNNが、対応する検出点の位置に関連付けられて、上記記憶装置に記憶される。ステップ514では、ステップ510のチェック結果が非飽和である（つまり、広散乱光強度信号124がサイジングタイプである）場合に、その広散乱光強度信号124の信号レベルに基づいて、標準粒子相当サイズDWNが計算され、そして、その標準粒子相当サイズDWNが、対応する検出点の位置に関連付けられて、上記記憶装置に記憶される。

【0050】

ステップ516では、ステップ508のチェック結果が飽和レベルMaxに達している場合に、その狭散乱光強度信号122が飽和レベルMaxに達した状態が継続するトラック数に基づいて、その狭散乱光強度信号122が飽和タイプかアークタイプ（7トラック以上、つまり7検出点以上にわたって継続している）かがチェックされ、そして、そのチェック結果が、対応する検出点の位置に関連付けられて、上記記憶装置に記憶される。ステップ518では、ステップ510のチェック結果が飽和レベルMaxに達している場合に、その広散乱光強度信号124が飽和レベルMaxに達した状態が継続するトラック数に基づいて、その広散乱光強度信号124が飽和タイプかアークタイプ（7トラック以上、つまり7検出点以上にわたって継続している）かがチェックされ、そして、そのチェック結果が、対応する検出点の位置に関連付けられて、上記記憶装置に記憶される。

【0051】

ステップ520では、ステップ516のチェック結果がアークタイプである場合、その

トラック数に基づいて、そのアークタイプの狭散乱光強度信号122が検出された領域のサイズが計算され、そして、その領域のサイズが、対応する検出点の位置に関連付けられて、上記記憶装置に記憶される。ステップ522では、ステップ518のチェック結果がアークタイプである場合、そのトラック数に基づいて、そのアークタイプの広散乱光強度信号124が検出された領域のサイズが計算され、そして、その領域のサイズが、対応する検出点の位置に関連付けられて、上記記憶装置に記憶される。

【0052】

ステップ524では、記憶装置に記憶された検出点の位置毎に、それに関連付けられ記憶されている、狭散乱光強度信号122による標準粒子相当サイズDNN又は領域サイズ、及び、広散乱光強度信号124による標準粒子相当サイズDWN又は領域サイズに基づき、既に説明した図4に示された検出・判定ロジックに従って、その位置に表面異常が存在するか否か、及び、存在する場合には、その表面異常がパーティクルか、小欠陥か、あるいは大SEDかが判定される。この判定結果は、対応する検出点の位置に関連付けられて、上記記憶装置に記憶され、そして、検査結果の表示或いは更なる解析を行うために外部へ出力される。

【0053】

以上、本発明の実施形態を説明したが、この実施形態は本発明の説明のための例示にすぎず、本発明の範囲をこの実施形態にのみ限定する趣旨ではない。本発明は、その要旨を逸脱することなく、その他の様々な態様でも実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】図1Aは、本発明の一実施形態にかかる半導体ウェハの検査装置の構成を示す断面側面であり、図1Bは、光スポットによる半導体ウェハの表面のスキャニングの様子を示す様子を示す平面図である。

【図2】光センサ114、120から出力される光強度信号122、124の複数のタイプを示す波形図である。

【図3】信号処理装置126が行う表面異常の種別を判別するための分析処理の根底にある最も基本的な原理を説明する図。

【図4】信号処理装置126により行われる分析処理で用いられる、表件異常を検出してその種別を判別するためのロジックを説明する図。

【図5】第2大SED区域420の原理的な意義を説明する図。

【図6】信号処理装置126により行われる分析処理の流れを示す図。

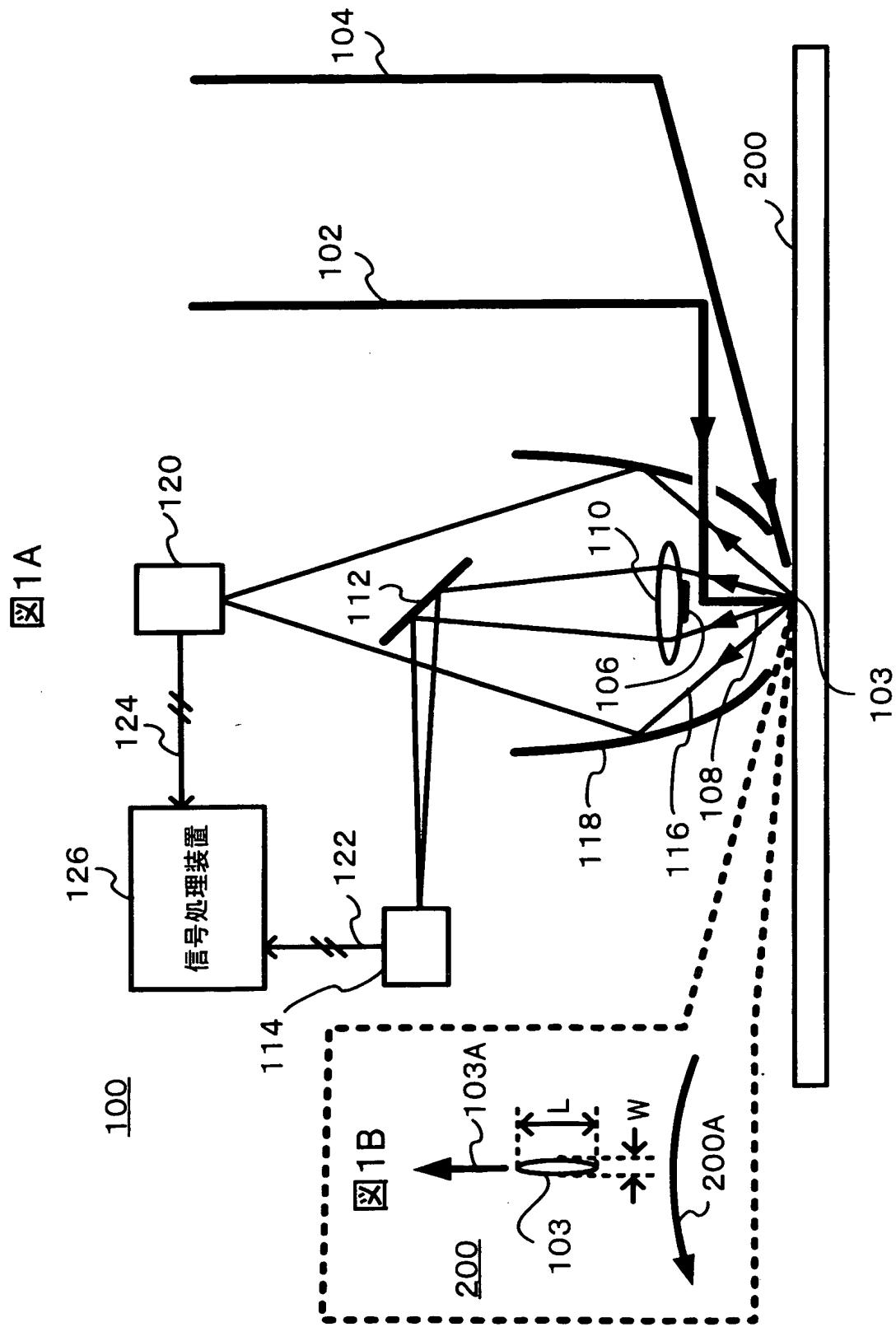
【符号の説明】

【0055】

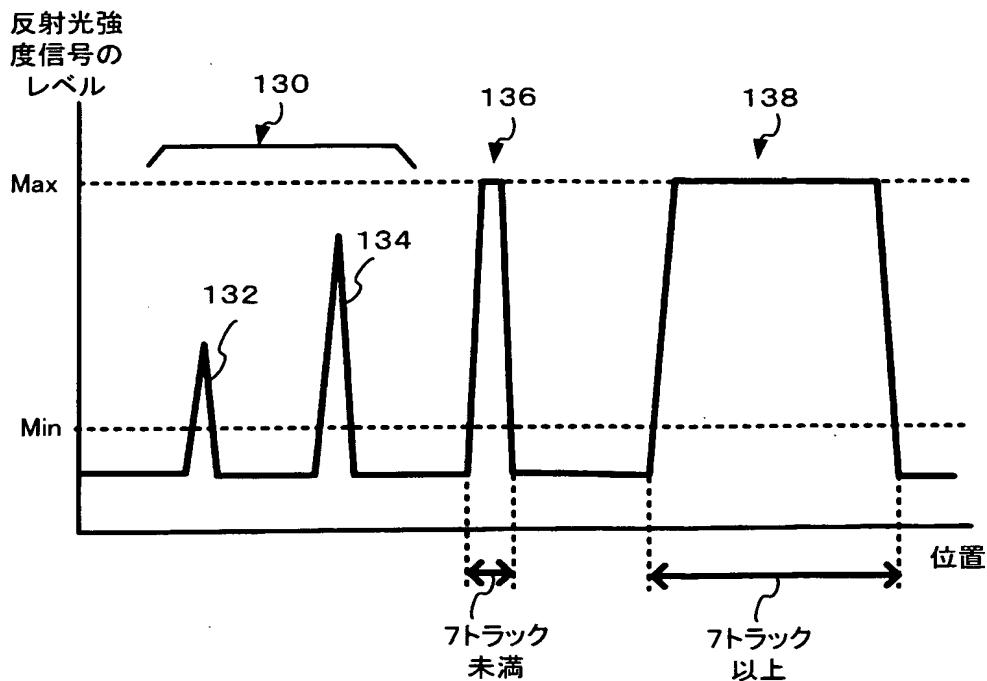
- 100 半導体ウェハの検査装置
- 102 垂直入射レーザビーム
- 103 レーザスポット103
- 108 狹散乱光
- 114 光センサ
- 116 広散乱光
- 120 光センサ
- 122 狹散乱光強度信号
- 124 広散乱光強度信号
- 126 信号処理装置
- 130 サイジングタイプ
- 136 飽和タイプ
- 138 アークタイプ
- 200 半導体ウェハ
- 300 標準粒子
- 302 パーティクル

- 304 フラット形の隆起
- 306 フラット形の窪み
- 308 タワー形の隆起
- 400 第1判別ライン
- 402 第2判別ライン
- 410 パーティクル区域
- 414 小欠陥区域
- 418 第1大SED区域
- 420 第2大SED区域
- 422 第3大SED区域
- 430 非検出区域

【書類名】図面
【図1】



【図 2】



【図3】

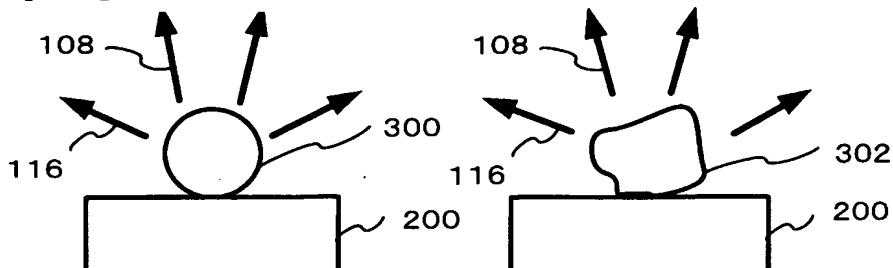


図3A

図3B

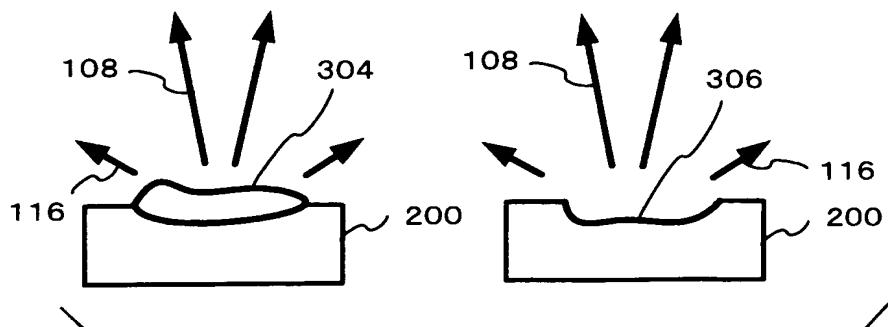


図3C

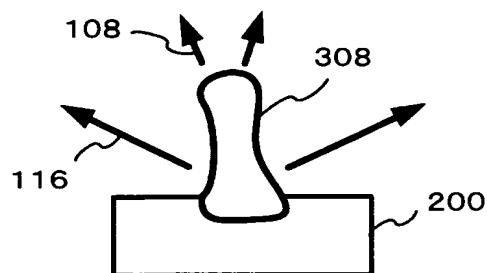
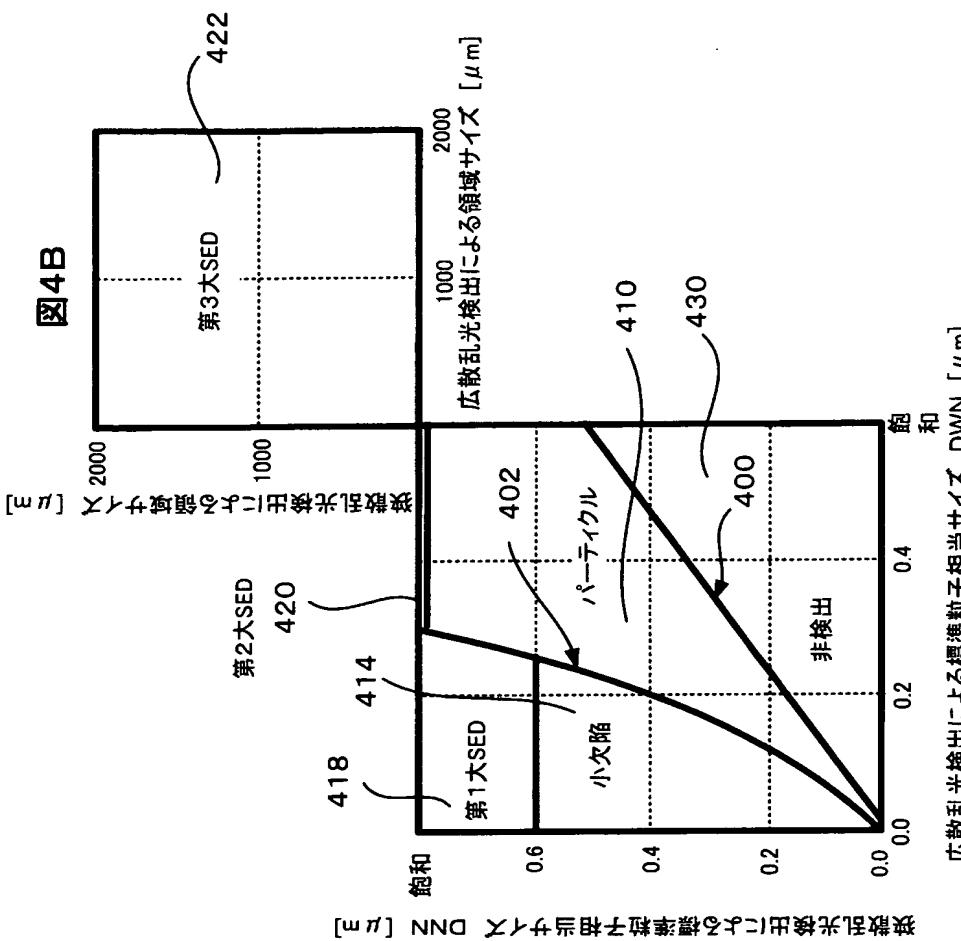


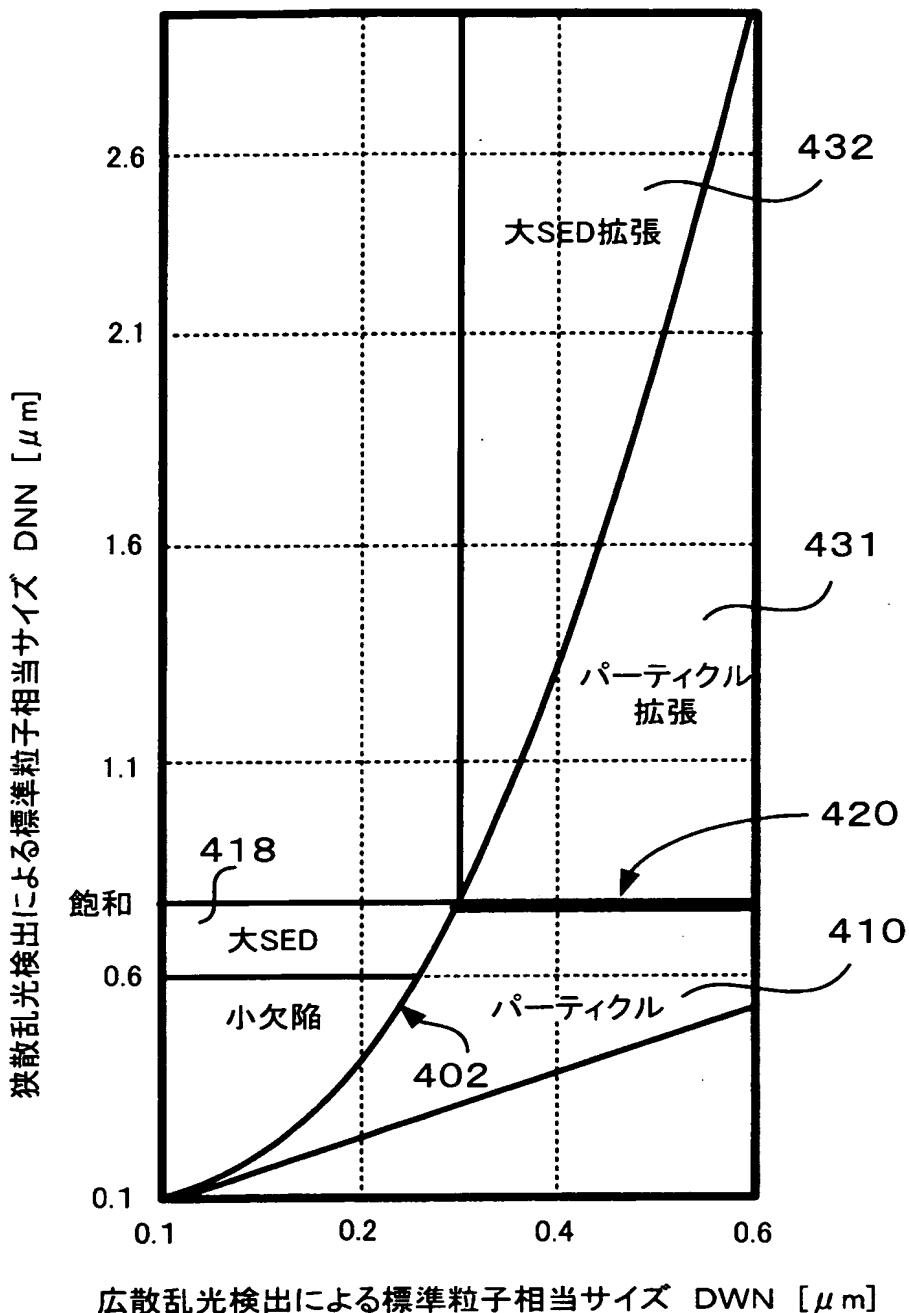
図3D

【図 4】



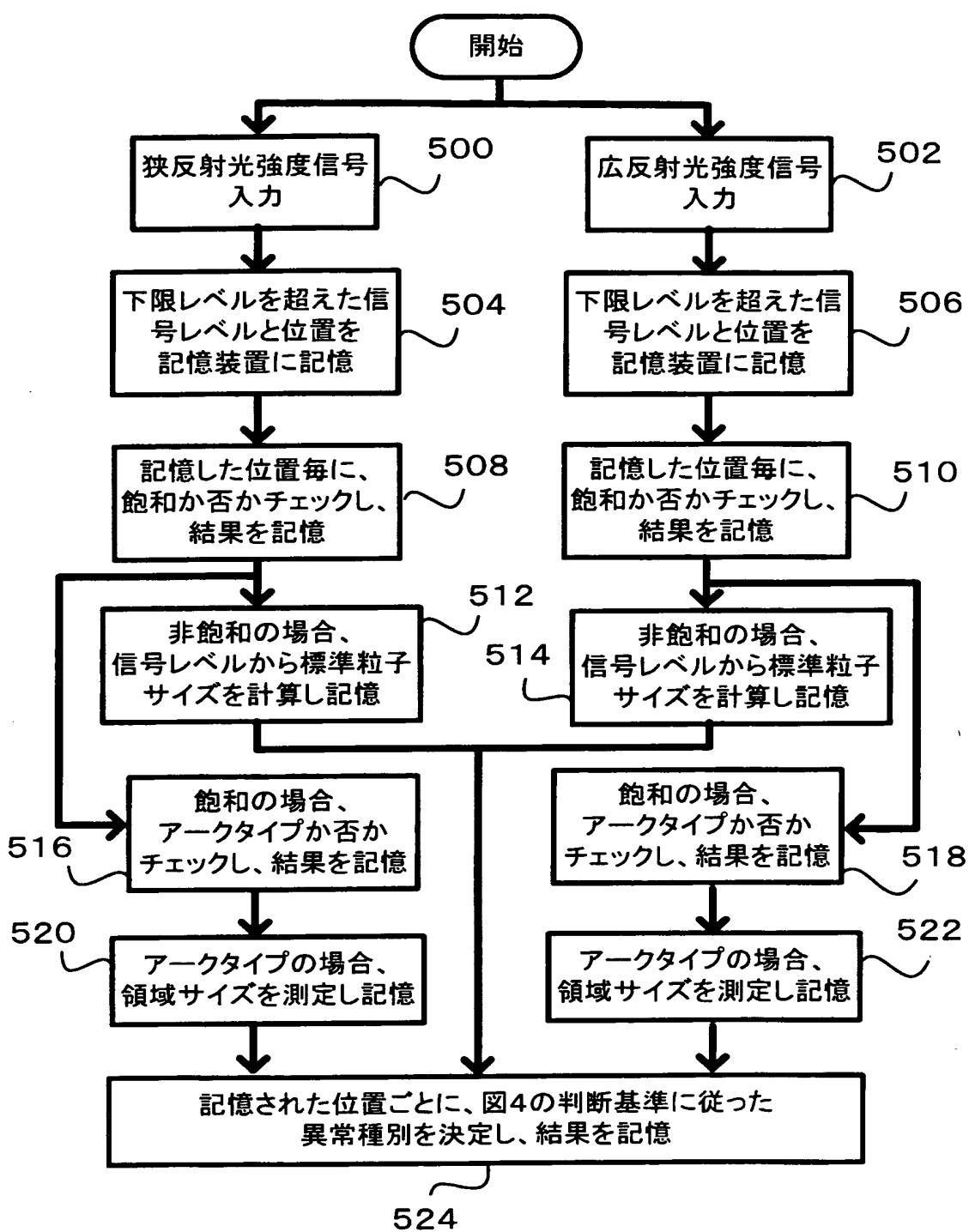
【図5】

図5



【図6】

図6



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 光散乱法を用いたエピタキシャルウェハの表面検査において、軽微な欠陥と致命的な欠陥とパーティクルを検出する精度を高める。

【解決手段】 エピタキシャルウェハの表面の検査点にレーザビームを当て、反射する散乱光の強度を、散乱角の狭い狭散乱光と、広い広散乱光に分けて光センサで検出する。狭散乱光と広散乱光の強度がセンサのダイナミックレンジ内に入る場合、狭散乱光強度による標準粒子相当サイズと広散乱光強度によそれとを計算し、その大小関係から、検査点の表面異常の有無と種別を判定する（410、414、418）。狭散乱光と広散乱光の一方の強度がダイナミックレンジを越えたか下回る場合、他方の反射光による標準粒子相当サイズから判定する（412、416、420）。双方がダイナミックレンジを越えた場合、致命的欠陥と判断する（422）。

【選択図】図4

認定・付加情報

| | |
|---------|---------------|
| 特許出願の番号 | 特願2004-117910 |
| 受付番号 | 50400628877 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第五担当上席 0094 |
| 作成日 | 平成16年 4月22日 |

<認定情報・付加情報>

| | |
|-------|-------------|
| 【提出日】 | 平成16年 4月13日 |
|-------|-------------|

特願 2004-117910

出願人履歴情報

識別番号 [000184713]

1. 変更年月日 2001年 2月 15日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県平塚市四之宮3丁目25番1号
氏 名 コマツ電子金属株式会社

2. 変更年月日 2007年 1月 9日

[変更理由] 名称変更

住 所 神奈川県平塚市四之宮3丁目25番1号
氏 名 SUMCO TECHXIV株式会社